

No. 1

J1036 U.S. PTO  
09/805237  
03/14/01

- (19)【発行国】日本国特許庁 (JP)  
(12)【公報種別】公開特許公報 (A)  
(11)【公開番号】特開平 7-193047  
(43)【公開日】平成 7 年 (1995) 7 月 28 日  
(54)【発明の名称】中性ビーム加工装置  
(51)【国際特許分類第 6 版】

H01L 21/3065

C23F 4/00 D 8417-4K

ZAA G 8417-4K

4/02 8417-4K

【F I】

H01L 21/302 B

【審査請求】未請求

【請求項の数】20

【出願形態】OL

【全頁数】6

(21)【出願番号】特願平 5-330519

(22)【出願日】平成 5 年 (1993) 12 月 27 日

(71)【出願人】

【識別番号】000005108

【氏名又は名称】株式会社日立製作所

【住所又は居所】東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72)【発明者】

【氏名】横川 賢悦

【住所又は居所】東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 280 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

(72)【発明者】

【氏名】水谷 巽

【住所又は居所】東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 280 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

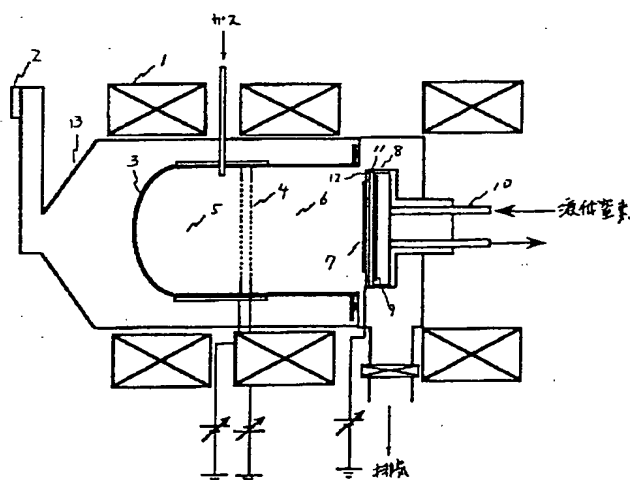
(57)【要約】

【目的】 中性ビームを用いた加工装置において、気相中に残留する荷電粒子の被加工試料への入射を従来のリターディング電極なしで阻止する。

【構成】 被加工試料表面で垂直に磁場を形成する磁場発生手段と被加工試料を設置する試料台内部に超伝導体および該超伝導体を冷却する冷却手段と被加工試料または試料台に直流電位を印加する手段を設置した。

【効果】 試料台内部に設置した超伝導体のマイスナー効果により被加工試料表面に垂直に分布していた磁場が被加工試料を避けるように分布する。これにより気相中の電子は該磁場巻き付くように運動するため、被加工試料へ入射できない。また被加工試料または試料台に直流電位が印加されているため、該電位を入射しようとするイオンのエネルギーより高くすることでイオンの入射も阻止できる。以上の効果により従来装置のリターディング電極なし中性な粒子のみの加工が実現でき、リターディング電極に伴う問題（汚染、リターディング電極の交換による装置の稼働率低下等）を解決できる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】プラズマ形成手段と該プラズマからイオンを引き出す手段と該プラズマとは別に反応性励起粒子を形成するプラズマ形成手段と該引き出されたイオンを中性化し中性ビームを形成する手段を有し、該中性ビームと該反応性励起粒子により被加工試料表面の表面処理を行なう表面処理装置において、該被加工試料表面に平行な磁場成分を形成する手段と該被加工試料または該被加工試料を設置する試料台に直流電位を印加する手段により該被加工試料表面に入射する荷電粒子を除去することを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項2】プラズマ形成手段と該プラズマからイオンを加速して引き出す手段と該引き出されたイオンを中性化し中性ビームを形成する手段を有し、該中性ビームで被加工試料の表面処理を行なう表面処理装置において、該被加工試料表面に平行な磁場成分を形成する手段と該被加工試料または該被加工試料を設置する試料台に直流電位を印加する手段により該被加工試料表面に入射する荷電粒子を除去することを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項3】請求項1、2記載の被加工試料表面に平行な磁場成分を形成する手段が被加工試料表面に対し垂直な磁場を形成する手段と被加工試料を設置する試料台内部に設置された超伝導体と該超伝導体が超伝導特性を示す温度まで冷却する手段で構成され、被加工試料表面に垂直に入射しようとする磁場を超伝導体のマイスナー効果で被加工試料を避けるよう分布させ、被加工試料表面に平行な磁場成分を形成することを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項4】請求項1、2記載の被加工試料表面に平行な磁場成分を形成する手段が永久磁石を被加工試料および試料台近傍に設置した構造であることを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項5】請求項1、2記載のプラズマから引き出されたイオンを中性化する手段がイオンを気相中で飛行させることにより気相中の中性粒子との電荷交換反応で中性化することを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項6】請求項1、2記載のプラズマから引き出されたイオンを中性化する手段がイオンを気相中の低エネルギー電子と結合させることにより中性化することを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項7】請求項3記載の超伝導体が酸化物超伝導体であることを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項8】請求項3記載の超伝導特性を示すまで冷却する手段が液体窒素を用いた冷却手段であることを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項9】請求項3記載の超伝導体がニオブ系の金属超伝導体で形成され、液体ヘリウムを用いた冷却手段で冷却されることを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項10】請求項3記載の超伝導体およびその冷却

手段と被加工試料は熱的に絶縁されており、該被加工試料の温度を任意に調節可能な手段を有することを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項11】請求項1、2記載のイオンを引き出すプラズマ形成手段と請求項1記載の反応性励起粒子を形成するプラズマ形成手段が磁場発生手段とマイクロ波領域の電磁波供給手段で構成されていることを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項12】請求項11記載の磁場発生手段とマイクロ波領域の電磁波供給手段1組でイオンを引き出すプラズマと反応性励起粒子を形成するプラズマを同時に形成し、さらに請求項3記載の被加工試料表面に垂直に形成する磁場がプラズマを形成する該磁場発生手段により形成されることを特徴とする請求項1記載の中性ビーム加工装置。

【請求項13】プラズマを形成する原料ガスにハロゲン系ガスと希ガスの混合ガスを用い、半導体材料のエッチングを行なうことを特徴とする請求項1、2記載の中性ビーム加工装置。

【請求項14】プラズマを形成する原料ガスにハロゲン系ガスを用い、半導体材料のエッチングを行なうことを特徴とする請求項1、2記載の中性ビーム加工装置。

【請求項15】プラズマを形成する原料ガスに希ガスを用い、絶縁物材料のエッチングを行なうことを特徴とする請求項1、2記載の中性ビーム加工装置。

【請求項16】請求項1、2記載のイオンを引き出すプラズマ形成手段と請求項1記載の反応性励起粒子を形成するプラズマ形成手段が高周波電界供給手段で構成されていることを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項17】請求項3、4記載の試料台において、該試料台の被加工試料を設置する部分が非磁性または弱反磁性材料で構成されていることを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項18】請求項3、4記載の試料台において、該試料台の被加工試料を設置する部分がアルミニウムで構成されていることを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項19】請求項3、4記載の試料台において、該試料台の被加工試料を設置する部分が真鍮で構成されていることを特徴とする中性ビーム加工装置。

【請求項20】請求項3、4記載の試料台において、該試料台の被加工試料を設置する部分がステンレスで構成されていることを特徴とする中性ビーム加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体材料の表面処理装置にかかり、特に中性ビームを用いる装置で被加工試料に入射する荷電粒子をリターディング電極なしで除去することを可能とし低損傷、低汚染な半導体装置材料のエッチングを行なう装置を実現する。

【0002】

【従来の技術】図5に従来の中性ビームを用いた加工装置を示す。従来装置はコイル33による磁場とマイクロ波発生手段34によるマイクロ波によりプラズマを形成している。該プラズマはイオン引き出し電極35によりイオン引き出し用プラズマ領域36と反応性励起粒子供給用プラズマ領域37に分割される。イオン引き出し電極35により引き出されたイオンは飛行中に気相中の中性粒子と電荷交換反応することで中性ビームとなる。本装置では被加工試料38表面での反応性励起粒子の化学反応を該中性ビームの運動エネルギーが支援することで被加工試料の表面処理を行なう。従来装置では被加工試料38への荷電粒子の入射を阻止するために被加工試料38の前面に複数段のメッシュ状電極で構成されたリターディング電極39が設置されている。該リターディング電極39の各メッシュ状電極に適当な直流電位を印加することで被加工試料に入射しようとする電子やイオンを反射し阻止する。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来装置で荷電粒子の除去に用いているメッシュ状電極で構成されたリターディング電極は、該メッシュ状電極がスパッタされるため頻繁に交換が必要でありさらに被加工試料の汚染源になるという問題を有する。またメッシュ状電極が被加工試料前面に配置されることで中性ビームや反応性励起粒子の被加工試料への到達量が減衰してしまうという問題も有する。

#### 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明ではリターディング電極無しで被加工試料への荷電粒子の入射を阻止するため、被加工試料表面に平行な磁場成分を形成する手段と被加工試料または被加工試料を設置する試料台に直流電位を印加する手段を設置した。被加工試料表面に平行な磁場成分を形成する手段には被加工試料に垂直な磁場を発生させる手段と超伝導体を用いた。該超伝導体を試料台に設置することで超伝導体のマイスナー効果により該被加工試料に垂直に入射しようとする磁場を被加工試料表面付近で平行な成分を有する分布にすることができる。

#### 【0005】

【作用】被加工試料表面に垂直に磁場を形成し、さらに被加工試料を設置する試料台に超伝導体を設置することで被加工試料を貫くように分布する磁力線は超伝導体のマイスナー効果により被加工試料表面付近で表面に平行な方向曲げられ被加工試料を避けるように分布する。この磁力線にそって気相中の電子は運動するため被加工試料への電子入射を阻止できる。また被加工試料または試料台にプラスの電位を印加することで正イオンの被加工試料への入射を阻止することができる。以上により中性粒子のみによる加工が実現でき、リターディング電極を用いないことで前記した該リターディング電極に伴う問

題を全て解決することができる。

#### 【0006】

【実施例】図1に本発明の実施例を示す。図1の装置はコイル1による磁場とマイクロ波発生手段2により供給されるマイクロ波で放電管3内にプラズマを形成している。放電管3内はイオン引き出し電極4によりイオン引き出し用プラズマ5と反応性励起粒子発生用プラズマ6に区分けされている。イオン引き出し電極4で加速されたイオンは反応性励起粒子発生用プラズマ6領域を飛行中に気相中の中性粒子と電荷交換反応を起こし、中性ビームとなる。本装置は反応性励起粒子発生用プラズマ6から反応性励起粒子の被加工試料7表面での反応を該中性ビームが支援しエッチング加工を行なう装置である。図2に被加工試料7および試料台8の詳しい説明図を示す。被加工試料7を設置する試料台8の内部には酸化物超伝導体9が設置されている。該酸化物超伝導体9は液体窒素を用いた冷却機構10により超伝導特性が得られる温度に冷却されている。酸化物超伝導体9は液体窒素中に浸される形で設置されている。酸化物超伝導体が設置されている領域は真空隔壁11で覆われている。よって被加工試料7は試料加熱手段12により任意な温度に設定することができる。また被加工試料7と試料加熱手段12は電気的に接触しており、試料加熱手段12に直流電位を印加することで被加工試料7を任意の電位にすることができる。本実施例ではプラスの直流電位を印加している。図2の構成では試料加熱手段12に直流電位を印加しているが被加工試料7に直接直流電位を印加しても同様の効果があることはいうまでもない。本実施例では試料台8の被加工試料7を設置する部分の材質に試料台8付近の磁場分布に与える影響の少ない非磁性または弱反磁性のアルミニウムを用いている。アルミニウム以外に真鍮またはステンレスを用いても同様の効果があることはいうまでもない。また本実施例では超伝導体に酸化物超伝導体を用いているが、ニオブ系の金属超伝導体を用いても同様の効果があることはいうまでもない。しかし、金属超伝導体を用いた場合には液体ヘリウムを用いた冷却機構が必要となる。

【0007】次に本発明の効果を説明する。図2には磁力線14の概要も示す。図2中に示した磁力線は図1中のプラズマを形成するためのコイル1によるものである。該磁力線14は液体窒素で冷却された酸化物超伝導体9のマイスナー効果により、被加工試料7を避けるように分布する。気相中の電子15はローレンツ力により該磁力線14に巻き付くように運動する。よって気相中の電子15は被加工試料7表面に入射できなくなる。また被加工試料7には前記したようにプラスの直流電位が印加されている。この直流電位を図1におけるイオン引き出し電極4に印加するイオン加速電圧より高い電位とすることで被加工試料7表面に入射しようとするイオン16を図2中に記したように反射する。これらの結果、

被加工試料7に入射する粒子は中性の粒子（中性ビーム17および中性の反応性励起粒子）だけとなり、無電荷で被加工試料7表面を加工できる。図1および図2の実施例では被加工試料7にシリコン単結晶基板上にシリコン酸化膜を堆積させたものを用い、またプラズマの原料ガスにはアルゴンと $\text{CHF}_3$ の混合ガスを用いた。これによりアルゴンを主成分とする中性ビームとCF系の反応性励起粒子が形成され、該中性ビームと反応性励起粒子によりシリコン酸化膜をエッチングすることができる。本実施例ではアルゴンと $\text{CHF}_3$ ガスの混合ガスを用いたが、被加工対象により他の希ガスおよびハロゲン系ガスの混合あるいはそれら単体を用いても同様な効果を持つ加工が実施できることはいうまでもない。

【0008】図3の実施例は中性ビームのみで被加工試料の表面処理を行なう場合の装置構成である。イオン引き出し用プラズマ18は図1と同様にマイクロ波発生手段19によるマイクロ波とコイル20による磁場で放電管21内に形成される。該プラズマからイオン引き出し電極22によりイオンを引き出し、該イオンが気相中で電荷交換反応することで中性ビームが得られる。被加工試料23を設置する試料台24は図2と同様である。図3の構成により前記説明と同様な効果でイオンと電子は被加工試料に入射できず、中性ビームのみ入射させることができる。

【0009】図1および図3の実施例はプラズマの形成に磁場とマイクロ波領域の電磁波を用いる場合の装置構成である。しかしプラズマの形成に高周波電界供給手段のみを用いた場合も図2に記した試料台を用いることで同様な効果が発揮できることはいうまでもない。ただしその場合は被加工試料表面に垂直な磁場分布を形成する磁場発生手段が必要である。また図1および図3の実施例では中性ビームの形成に気相中での電荷交換反応をもちいているが、イオンと低エネルギー電子との結合による中性化過程を用いても同様な中性ビームが得られることはいうまでもない。

【0010】図4は図2中に記した超伝導体を用いず同様な効果を実現する場合の実施例である。図4では被加工試料26の表面に平行な磁場が形成されるよう永久磁石27が設置されている。該磁場により気相中の電子28はローレンツ力により磁場に巻き付くように運動し、被加工試料26には入射しない。また図2と同様に

試料台29には被加工試料26と電氣的に接触した試料加熱手段30が設置されており、該加熱手段に直流電位を印加することでイオンの入射を阻止できる。もちろん該加熱手段により該被加工試料の温度を任意に調節することも可能となっている。しかし図4の構成では被加工試料が大口径になると被加工試料表面付近に必要な磁束密度を得るのに大型の永久磁石が必要となる。よって図4の構成は比較的口径の小さい被加工試料を処理するのに適する。

【0011】

【発明の効果】本発明により、従来用いていたリターディング電極なしで被加工試料に入射する残留荷電粒子を除去することができ、リターディング電極に伴う従来装置の問題点（汚染、リターディング電極交換による装置稼働率の低下等）を全て解決することができる。

【0012】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す構成図である。

【図2】本発明の主要部を説明するための図である。

【図3】本発明の一実施例を示す構成図である。

【図4】超伝導体のかわりに永久磁石を用いた実施例を示す構成図である。

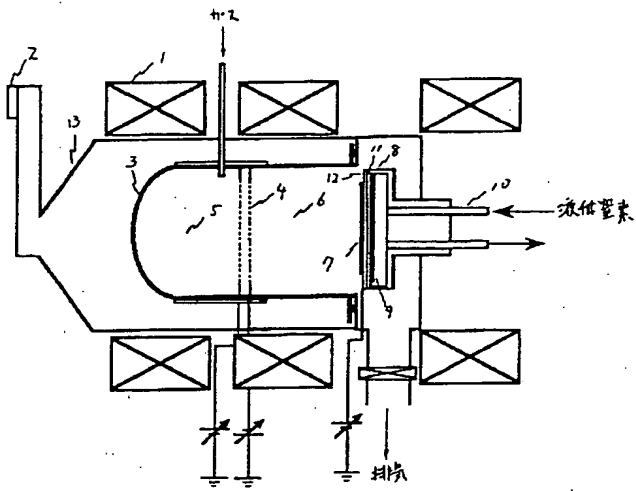
【図5】従来装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

1…コイル、2…マイクロ波発生手段、3…放電管、4…イオン引き出し電極、5…イオン引き出し用プラズマ、6…反応性励起粒子発生用プラズマ、7…被加工試料、8…試料台、9…酸化物超伝導体、10…冷却機構、11…真空隔壁、12…試料加熱手段、13…放電管、14…磁力線、15…電子、16…イオン、17…中性ビーム、18…イオン引き出し用プラズマ、19…マイクロ波発生手段、20…コイル、21…放電管、22…イオン引き出し電極、23…被加工試料、24…試料台、25…導波管、26…被加工試料、27…永久磁石、28…電子、29…試料台、30…試料加熱手段、31…イオン、32…中性ビーム、33…コイル、34…マイクロ波発生手段、35…イオン引き出し電極、36…イオン引き出し用プラズマ領域、37…反応性励起粒子発生用プラズマ領域、38…被加工試料、39…リターディング電極、40…放電管、41…導波管。

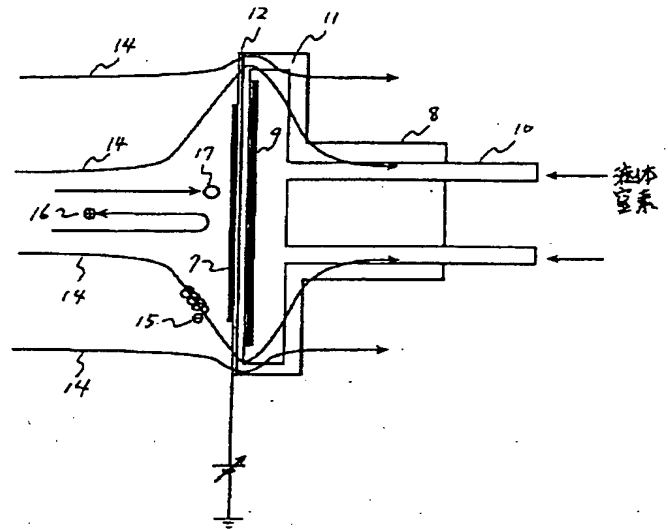
【図1】

図1



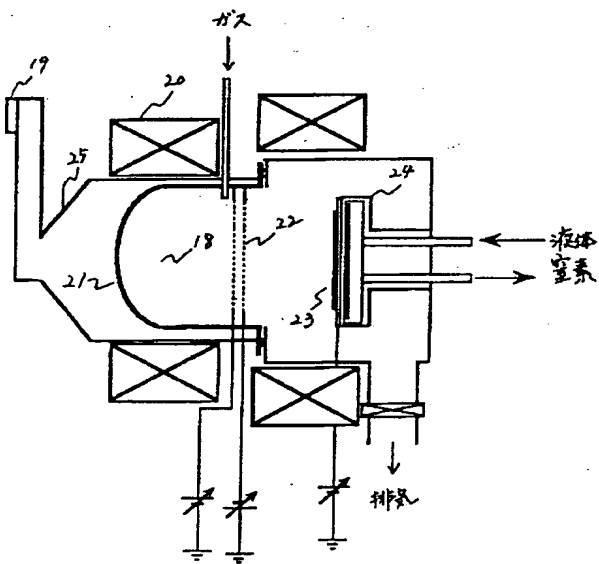
【図2】

図2



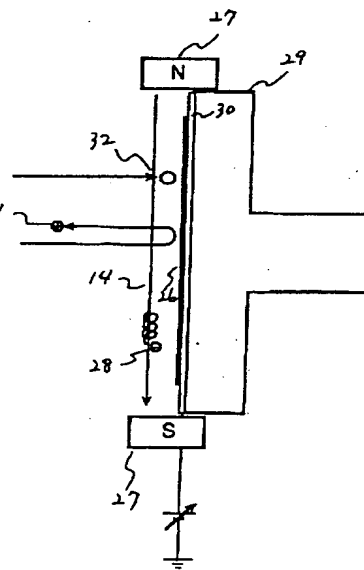
【図3】

図3



【図4】

図4



【図5】

図 5

